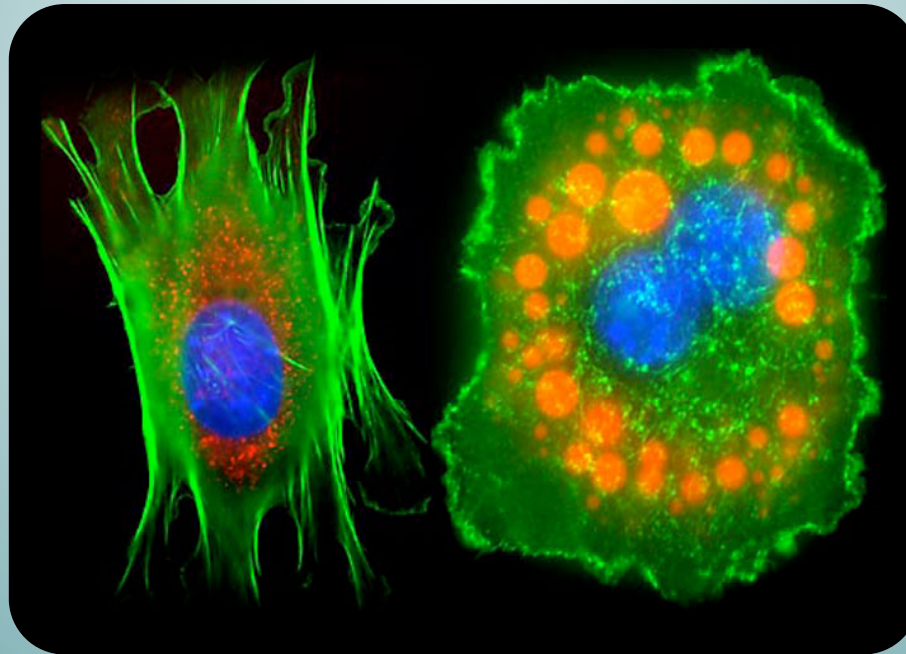


# Bioquímica Estructural y Metabólica

## TEMA 7. Lípidos



## TEMA 7. Lípidos.

Funciones biológicas. Lípidos de almacenamiento: ácidos grasos, triacilgliceroles. Lípidos estructurales: fosfolípidos, esfingolípidos, colesterol. Lípidos con actividades biológicas específicas: eicosanoides, esteroides, vitaminas liposolubles. Constituyentes de las membranas biológicas. Modelo del mosaico fluido. La bicapa lipídica. Proteínas de membrana. Transporte de soluto a través de las membranas: difusión facilitada, transporte activo, canales iónicos.

**Funciones biológicas de los lípidos**

**Biomoléculas insolubles en agua y solubles en disolventes orgánicos.**

**1) Almacenamiento de energía (grasas y aceites):**

**Triacilgliceroles.**

**2) Componentes de las membranas biológicas:**

**Fosfolípidos.**

**Esfingolípidos.**

**Colesterol.**

**3) Otras funciones:**

**Hormonas.**

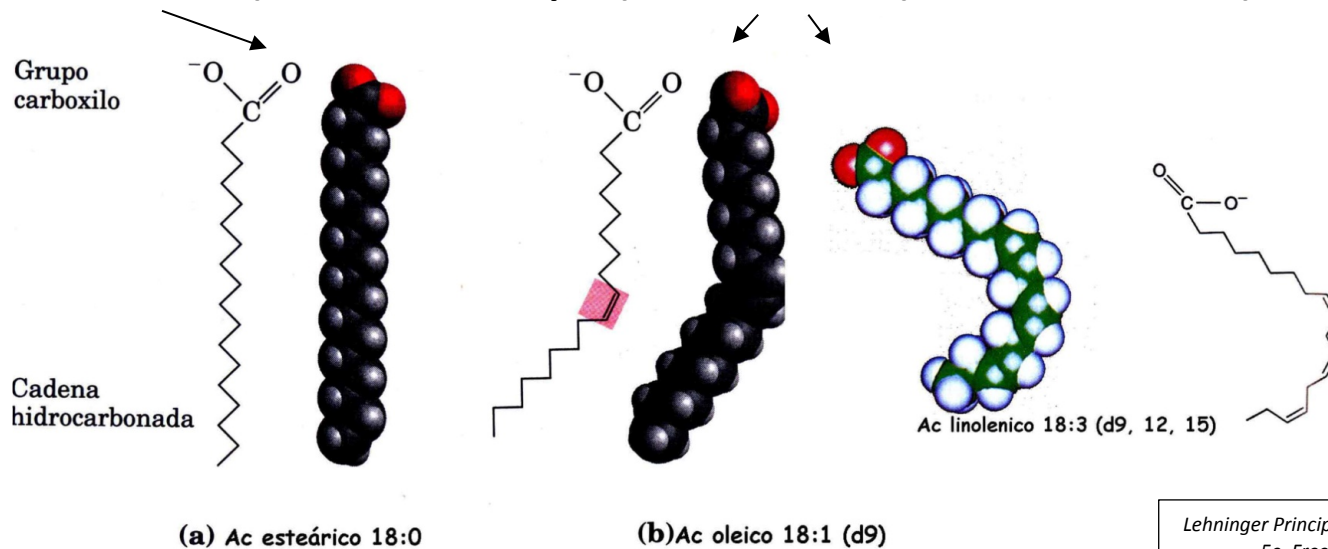
**Vitaminas.**

**mensajeros intracelulares.**

**componentes de pigmentos, etc.**

Ácidos grasos

- Ácidos orgánicos de cadena larga. En los seres vivos abundan los de número par de átomos de C. Los más comunes: 16 y 18 C.
- Un solo grupo carboxilo (carboxilato) y una “cola” no polar hidrocarbonada.
- Compuestos muy reducidos.
- Pueden ser *saturados* (solo enlaces simples) o *insaturados* (con dobles enlaces).



Lehninger Principles of Biochemistry.  
5e. Freeman 2009.

- **Nomenclatura.** C-1 es el carbono carboxílico.  
18:0 (18 átomos de C saturado).  
20:2( $\Delta^{9,12}$ ) (20C y dos dobles enlaces).

### Ácidos grasos

	Esqueleto carbonado	Estructura*	Nombre sistemático <sup>†</sup>	Nombre común (etimología)	Punto de fusión (°C)
SATURADOS	12:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$	Ácido <i>n</i> -dodecanoico	Ácido láurico (del latín <i>laurus</i> , laurel)	44,2
	14:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$	Ácido <i>n</i> -tetradecanoico	Ácido mirístico (del latín <i>Myristica</i> , género de la nuez moscada)	53,9
	16:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	Ácido <i>n</i> -hexadecanoico	Ácido palmítico (del griego <i>palma</i> , palmera)	63,1
	18:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	Ácido <i>n</i> -octadecanoico	Ácido esteárico (del griego, <i>stear</i> , grasa dura)	69,6
	20:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COOH}$	Ácido <i>n</i> -icosanoico	Ácido araquídico (del latín <i>Arachis</i> , género de legumbre)	76,5
	24:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{22}\text{COOH}$	Ácido <i>n</i> -tetracosanoico	Ácido lignocérico (del latín <i>lignum</i> , madera + <i>cera</i> , cera)	86,0
INSATURADOS	16:1( $\Delta^9$ )	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	Ácido <i>cis</i> -9-hexadecenoico	Ácido palmitoleico	1-0,5
	18:1( $\Delta^9$ )	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	Ácido <i>cis</i> -9-octadecenoico	Ácido oleico (del latín <i>oleum</i> , aceite)	13,4
	18:2( $\Delta^{9,12}$ )	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	Ácido <i>cis</i> -, <i>cis</i> -9,12-octadecadienoico	Ácido linoleico (del griego <i>linon</i> , lino)	1-5
	18:3( $\Delta^{9,12,15}$ )	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	Ácido <i>cis</i> -, <i>cis</i> -, <i>cis</i> -9,12,-15-octadecatrienoico	$\alpha$ -Ácido linolénico	-11
	20:4( $\Delta^{5,8,11,14}$ )	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$	Ácido <i>cis</i> -, <i>cis</i> -, <i>cis</i> -, <i>cis</i> -5,8,11,14-eicosatetraenoico	Ácido araquidónico	-49,5

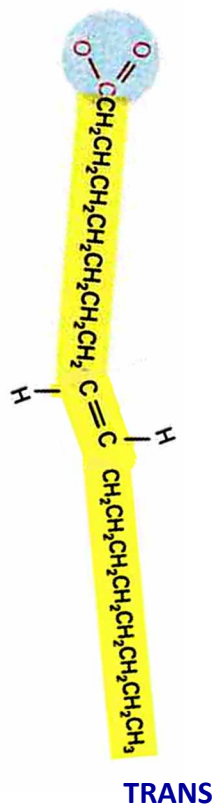
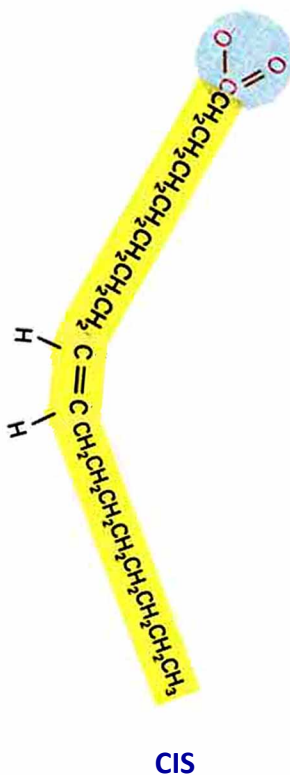
Lehninger Principles of Biochemistry. 5e. Freeman 2009.

Enlaces *cis* y *trans*

Saturado



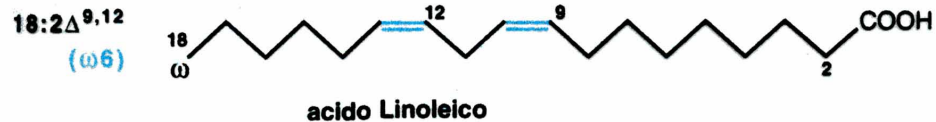
Insaturados



- La mayoría de los ácidos grasos naturales están en configuración *cis*.
- Los dobles enlaces con configuración *cis* producen una desviación rígida de la cadena.
- Los ácidos grasos *trans* están relacionados con niveles altos de LDL colesterol (repostería industrial...).

**Ácidos grasos omega ( $\omega$ )**

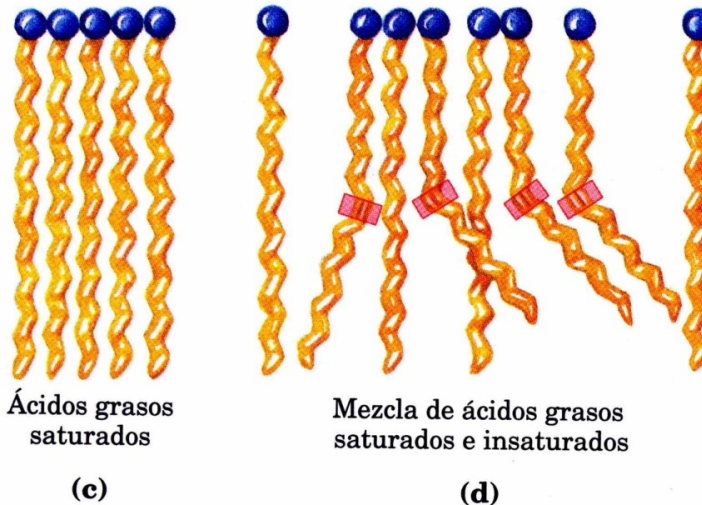
Esta nomenclatura identifica el átomo de carbono involucrado en un doble enlace, contando desde el extremo metilo terminal ( $\omega$ ) de la cadena.



aceites de origen vegetal

Esenciales en la dieta, no pueden ser sintetizados por el hombre.

Propiedades de los ácidos grasos



*Lehninger Principles of Biochemistry.  
5e. Freeman 2009.*

Las propiedades de los ácidos grasos y de los lípidos derivados de ellos dependen de la longitud de sus cadenas y del grado de insaturación.

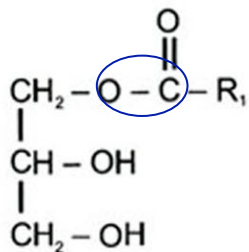
- Cadenas de longitud corta e insaturadas favorece la fluidez de los ácidos grasos y de sus derivados.
- Cuanto más larga es la cadena y menor el número de dobles enlaces, menor es la solubilidad en agua.
- Los ácidos grasos con múltiples dobles enlaces como el araquidónico está retorcidos y son rígidos en comparación con los saturados, flexibles y alargados.
- Los ácidos grasos saturados se empaquetan fuertemente. Muchas interacciones hidrofóbicas.



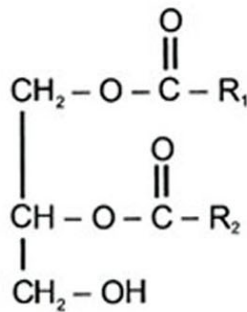
**Esterificación de ácidos grasos**

Los ácidos grasos forman enlaces éster con diferentes alcoholes:

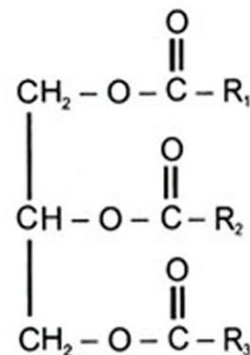
**Con Glicerol**



MONOACILGLICEROL

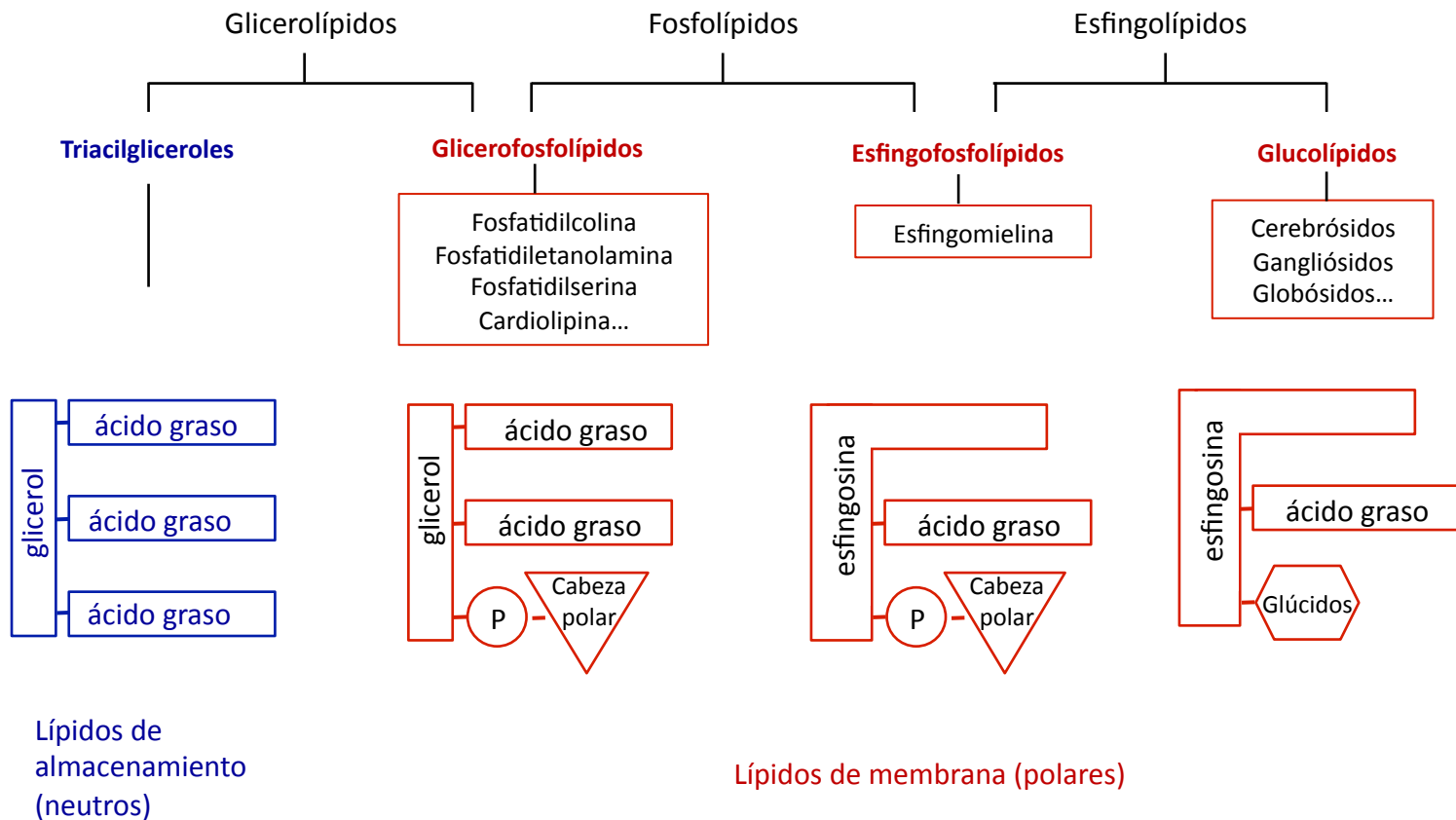


DIACILGLICEROL



TRIACILGLICEROL

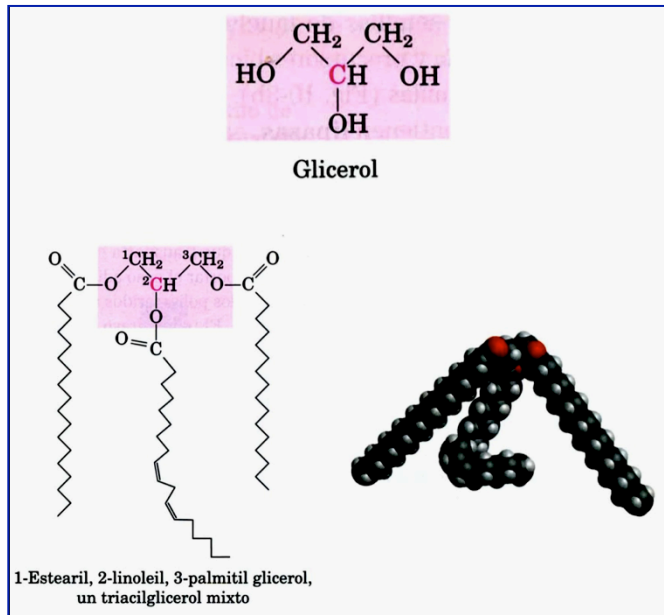
### Lípidos de almacenamiento y de membrana



**Triacilglicerol**

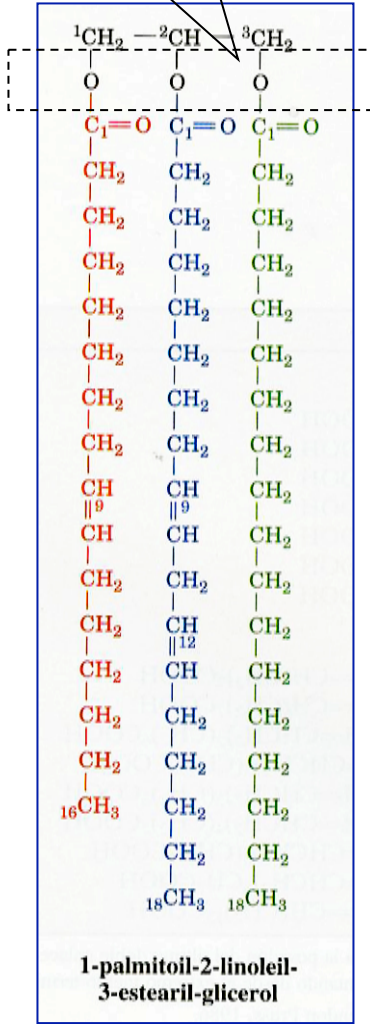
**Triacilglicerol** = triglicéridos = grasas neutras.

- Ésteres de ácidos grasos y glicerol: tres ácidos grasos por cada glicerol.
- Moléculas hidrofóbicas, sin grupos funcionales cargados.
- Muchos tipos dependiendo de los ácidos grasos esterificados:
  - Triacilglicerol **simples**: R1 = R2 = R3. Ej.: tripalmitoilglicerol (tripalmitina).
  - Triacilglicerol **mixtos**: contienen dos o más ácidos grasos diferentes.



*Lehninger Principles of Biochemistry.*  
5e. Freeman 2009.

Enlaces éster



## ESTRUCTURA DE LAS GRASAS

- Las grasas naturales son mezclas complejas de triacilgliceroles simples y mixtos.
- El 98% de los lípidos de la dieta son TAG.
- Los triacilgliceroles con ácidos grasos de cadena insaturada tienen puntos de fusión más bajos (el punto de fusión de un ácido graso aumenta con la longitud de la cadena y disminuye con el grado de saturación).

### Ejemplos:

- **Grasa de buey:** abundante estearina (saturada)... sólido.
- **Mantequilla:** mezcla de TAG de cadena corta e insaturada... blanda.
- **Aceite de oliva:** 80% ácidos grasos insaturados... líquido.



Figura 9-2 Microfotografía electrónica de barrido de adipocitos. Cada adipocito contiene un glóbulo de grasa que ocupa prácticamente toda la célula. (Fred E. Hossler/Visuals Unlimited.)

## TAG: almacenes de energía y aislantes

- **Los TAG son lípidos de reserva:** depósito de combustible de reserva en los adipocitos o células grasas.
- **Los TAG tienen ventajas como combustibles respecto al glucógeno:**
  - Átomos de carbono más reducidos. Su oxidación proporciona más energía.
  - Los TAG son hidrofóbicos, no se hidratan, más fácil su almacenamiento.
  - Sin embargo los glúcidos son fuentes rápidas de energía al ser solubles en agua.
- **Los TAG son aislantes térmicos:** bajo la piel protegen de las bajas temperaturas a muchos animales.

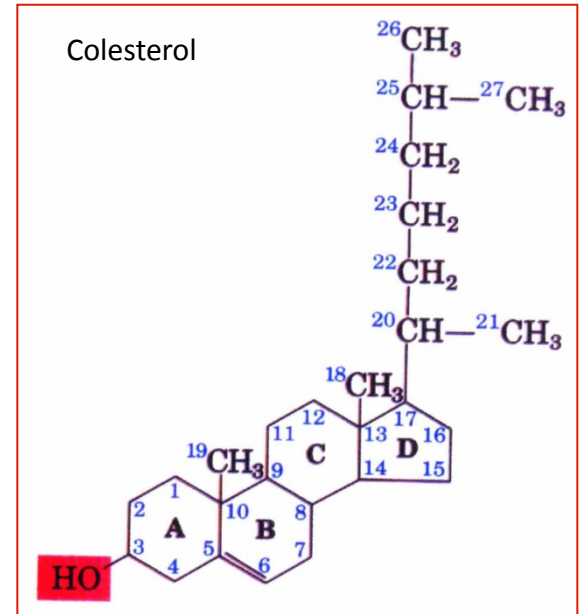
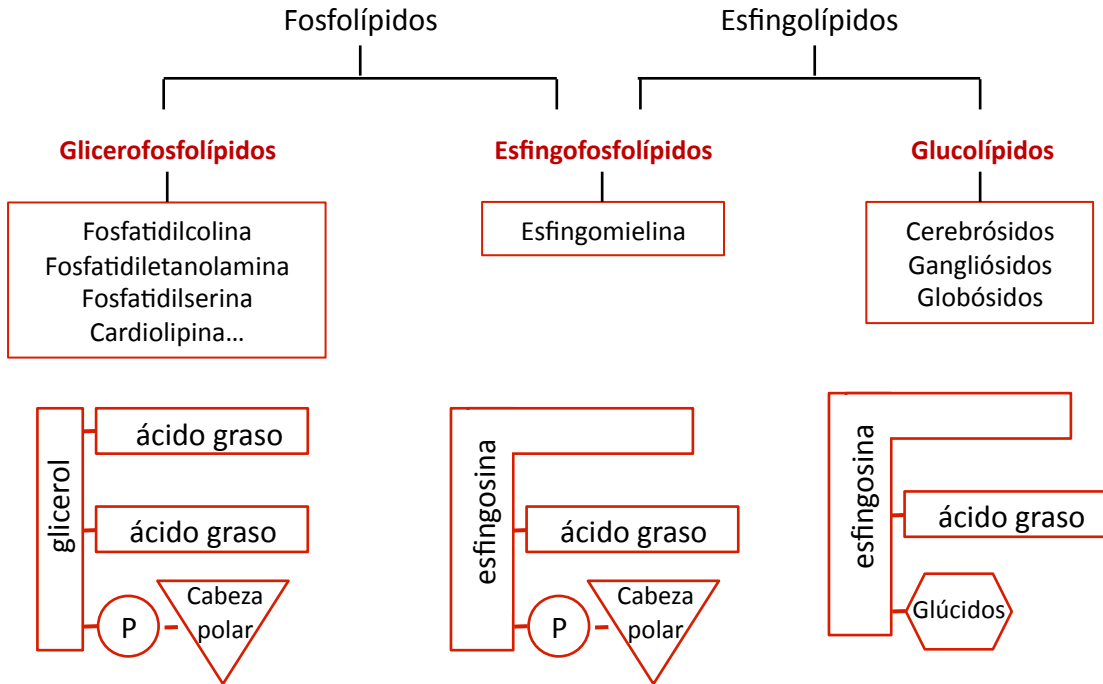
**Lípidos estructurales de las membranas**

Tres tipos :

**Fosfolípidos.**

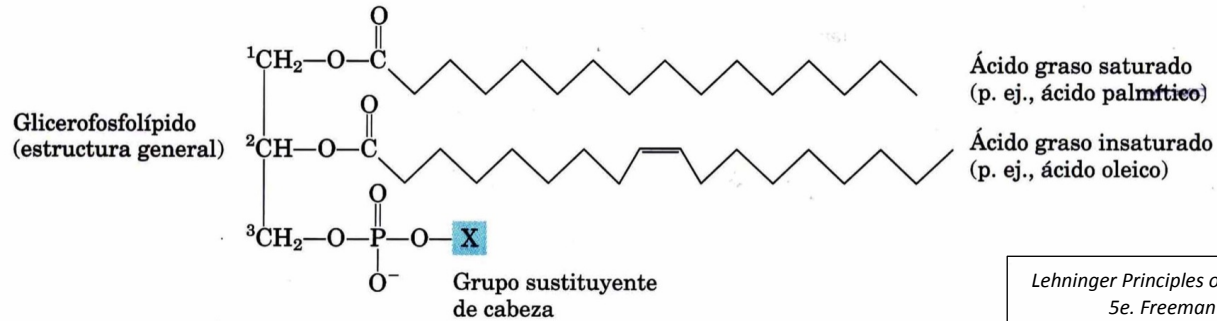
**Esfingolípidos.**

**Colesterol.**

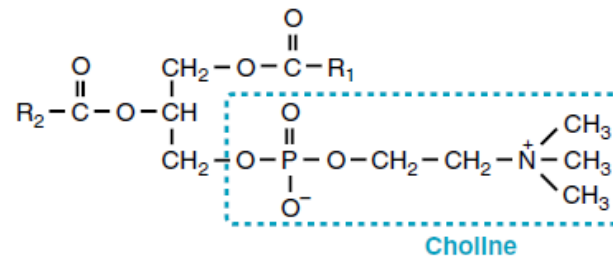


Lípidos de membrana (polares)

### Glicerofosfolípidos



- Los glicerofosfolípidos son derivados del **ácido fosfatídico** = diacil glicerol-3-fosfato.
- En los glicerofosfolípidos se esterifica el grupo fosfato con el grupo hidroxilo de diferentes alcoholes:
  - Serina ..... **Fosfatidilserina.**
  - Etanolamina ..... **fosfatidil etanolamina.**
  - Colina ..... **fosfatidil colina.**
  - Fosfatidilglicerol ..... **cardiolipina (glicerofosfolípido doble).**



**Phosphatidylcholine**

*Mark's Basic Medical Biochemistry. A clinical approach. 3e. LWW. 2008.*

Sustituyentes que aparecen en los glicerofosfolípidos

Nombre del glicerofosfolípido	Nombre de X	Fórmula de X
Ácido fosfatídico	—	— H
Fosfatidiletanolamina	Etanolamina	— CH <sub>2</sub> —CH <sub>2</sub> —NH <sub>3</sub> <sup>+</sup>
Fosfatidilcolina	Colina	— CH <sub>2</sub> —CH <sub>2</sub> —N <sup>+</sup> (CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>
Fosfatidilserina	Serina	— CH <sub>2</sub> —CH—NH <sub>3</sub> <sup>+</sup>   COO <sup>-</sup>
Fosfatidilglicerol	Glicerol	— CH <sub>2</sub> —CH—CH <sub>2</sub> —OH   OH
Fosfatidilinositol 4,5-bisfosfato	<i>myo</i> -Inositol 4,5-bisfosfato	
Cardiolipina	Fosfatidilglicerol	

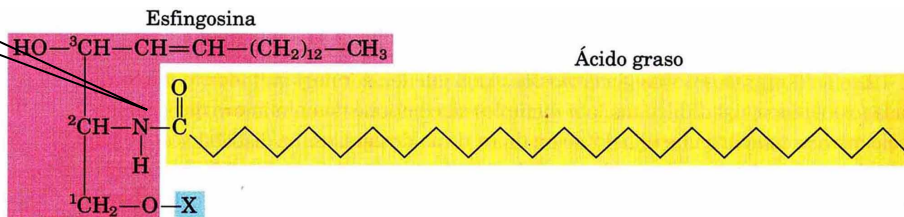
Lehninger Principles of Biochemistry. 5e. Freeman 2009.

### Esfingolípidos

Enlace  
amida

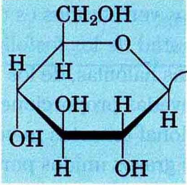
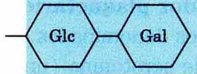
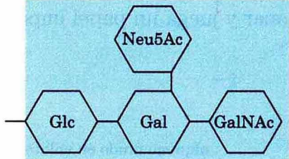
Esqueleto de  
esfingosina

Esfingolípido  
(estructura  
general)



**ESFINGOMIELINA**  
(fosfolípido)

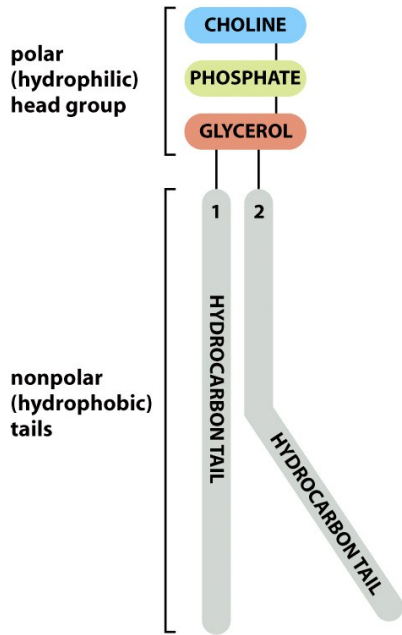
**GLUCOLÍPIDOS**

Nombre del esfingolípido	Nombre de X	Fórmula de X
Ceramida	—	— H
Esfingomielina	Fosfocolina	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{P}-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{N}^+(\text{CH}_3)_3 \\   \\ \text{O}^- \end{array}$
Glucolípidos neutros Glucocerebrósido	Glucosa	
Lactosilceramida (un globósido)	Di-, tri- o tetrasacárido	
Gangliósido GM2	Oligosacárido complejo	

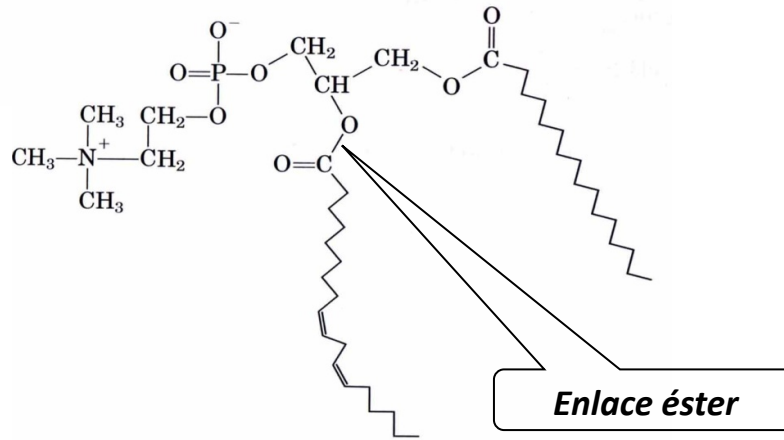


**Estructura tridimensional de Fosfolípidos y Esfingolípidos**

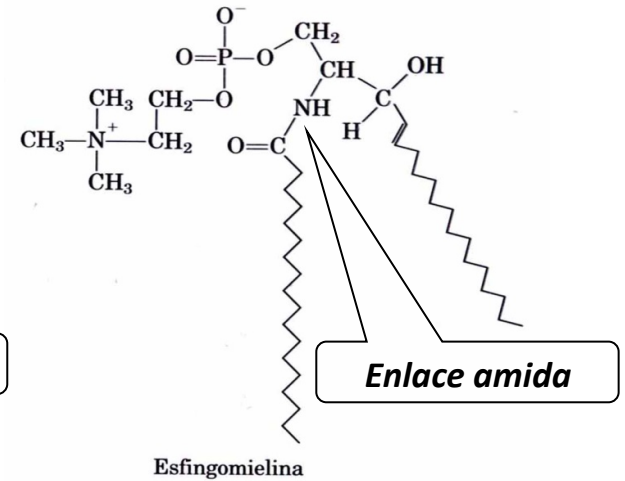
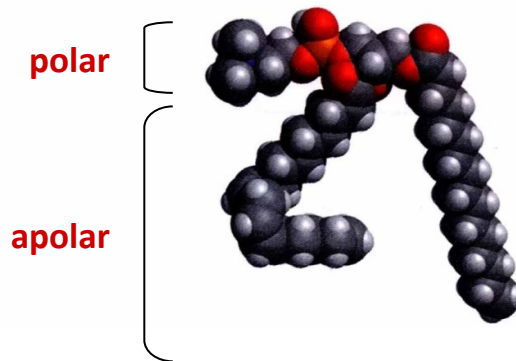
**LÍPIDOS ANFIPÁTICOS**



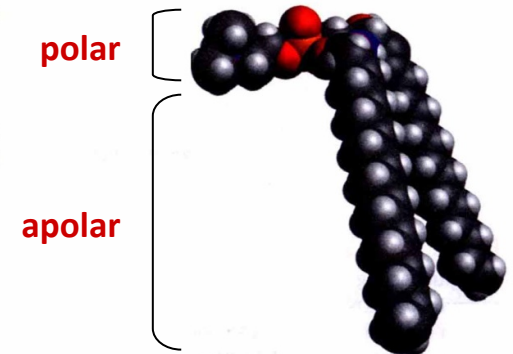
(A)



Fosfatidilcolina



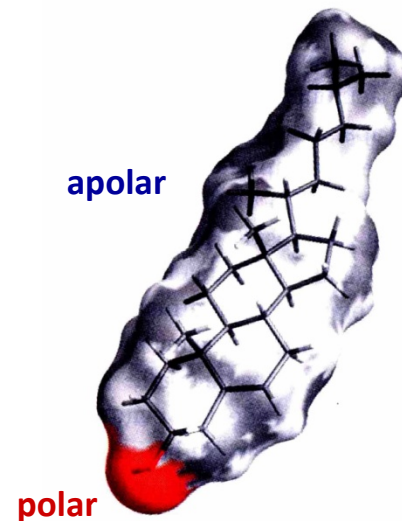
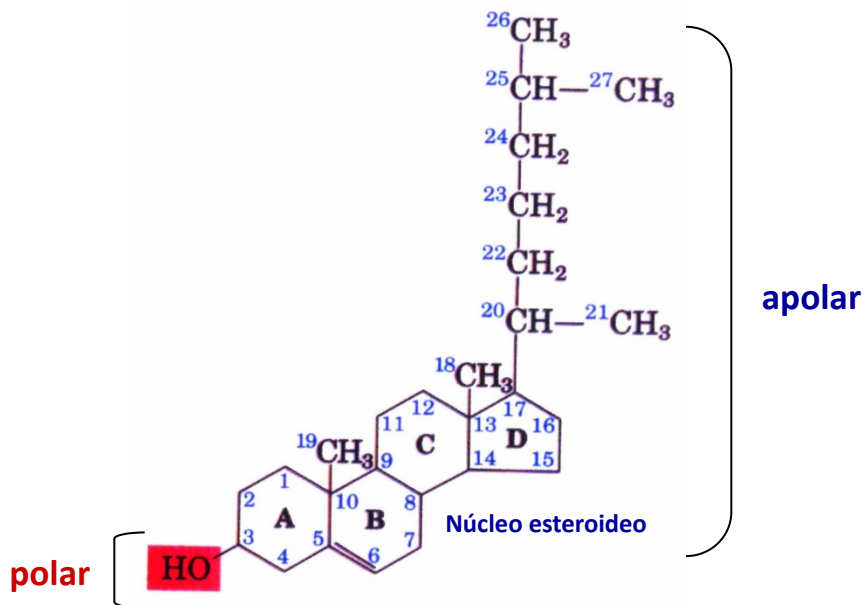
Esfingomielina



Lehninger Principles of Biochemistry. 5e. Freeman 2009.

### Colesterol

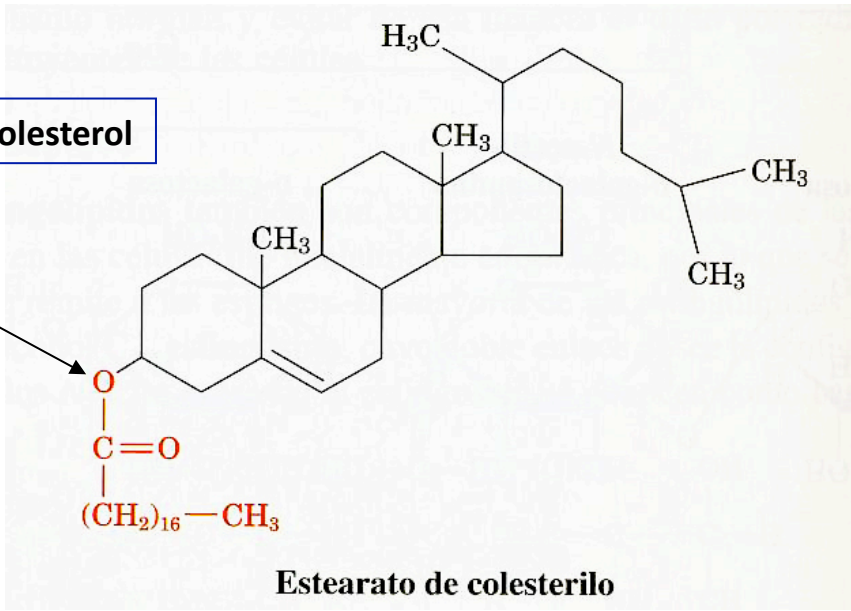
- El principal esteroide de los tejidos animales.
- Lípido estructural de la membrana plasmática de las células eucariotas (rara vez en procariotas).
- Estructura esteroide: cuatro anillos, tres con 6 C y uno con 5 C. Núcleo casi plano, rígido.
- Anfipático: grupo de cabeza **polar** (–OH del C3) y un cuerpo hidrocarbonado **apolar** (el núcleo esteroideo y la cadena lateral hidrocarbonada).
- Además de su papel como constituyente de las membranas, es precursor de ácidos biliares, hormonas esteroideas, etc.



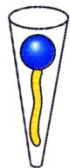
Lehninger Principles of Biochemistry, 5e. Freeman 2009.

**Ésteres de colesterol**

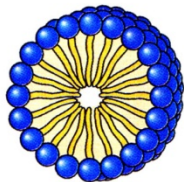
Esterificado con un ácido graso = **éster de colesterol**



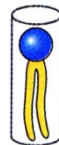
**Agregados de lípidos anfipáticos:  
micelas, bicapas y liposomas**



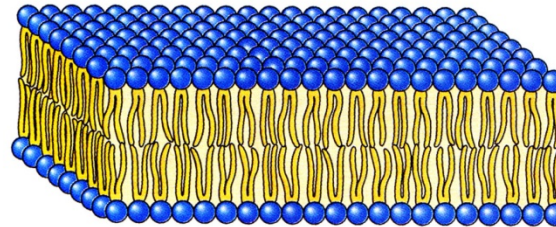
Las unidades individuales tienen forma de cuña (sección transversal de la cabeza mayor que la de la cadena lateral)



**Micela**  
(a)

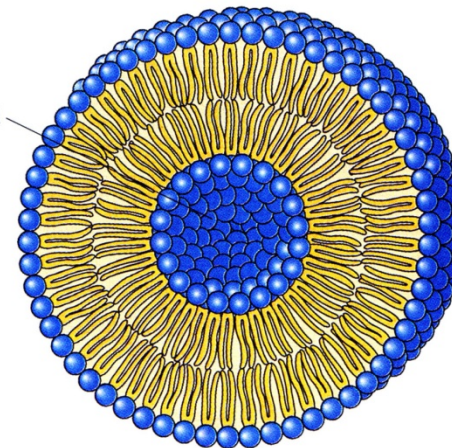


Las unidades individuales son cilíndricas (sección transversal de la cabeza igual a la de la cadena lateral)



**Bicapa**  
(b)

Cavidad acuosa

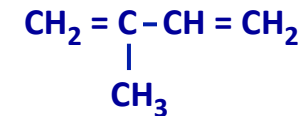


**Liposoma**  
(c)

*Lehninger Principles of Biochemistry. 5e. Freeman 2009.*

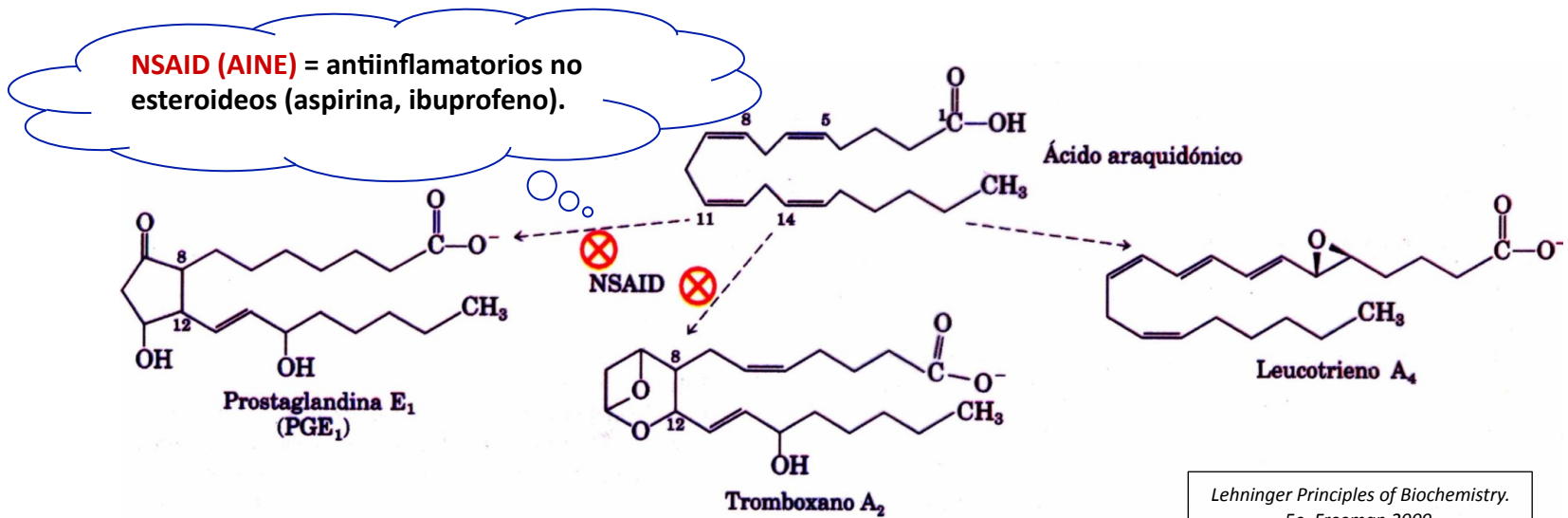
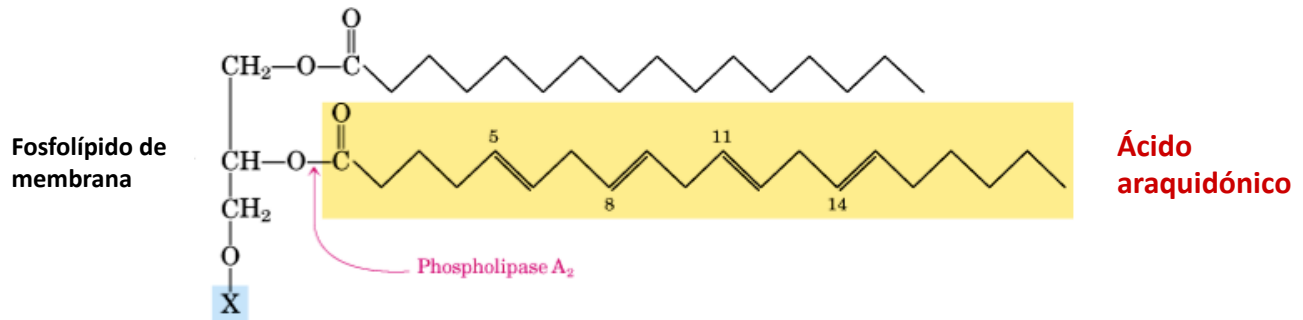
**Lípidos con otras funciones**

- **Derivados del ácido araquidónico:**
  - **Icosanoides o eicosanoides** (Prostaglandinas, tromboxanos, leucotrienos...).
- **Derivados del núcleo esteroideo:**
  - **Hormonas esteroides** (Testosterona, Estradiol, Cortisol, Aldosterona).
  - **Sales biliares.**
- **Vitaminas liposolubles derivadas del isopreno:**
  - **Vit. A:** retinol (pigmento esencial para la visión).
  - **Vit D3 :** colecalciferol (metabolismo de calcio y fosfato).
  - **Vit. E:** tocoferol (antioxidante).
  - **Vit. K** (cofactor para la coagulación).
- **Mensajeros intracelulares:**
  - **Derivados del fosfatidil inositol.**



Icosanoides o Eicosanoides

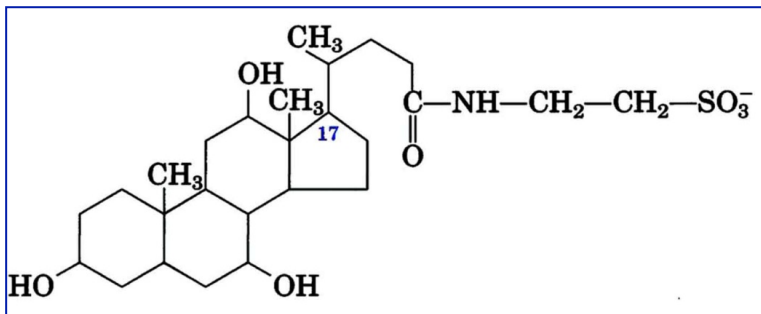
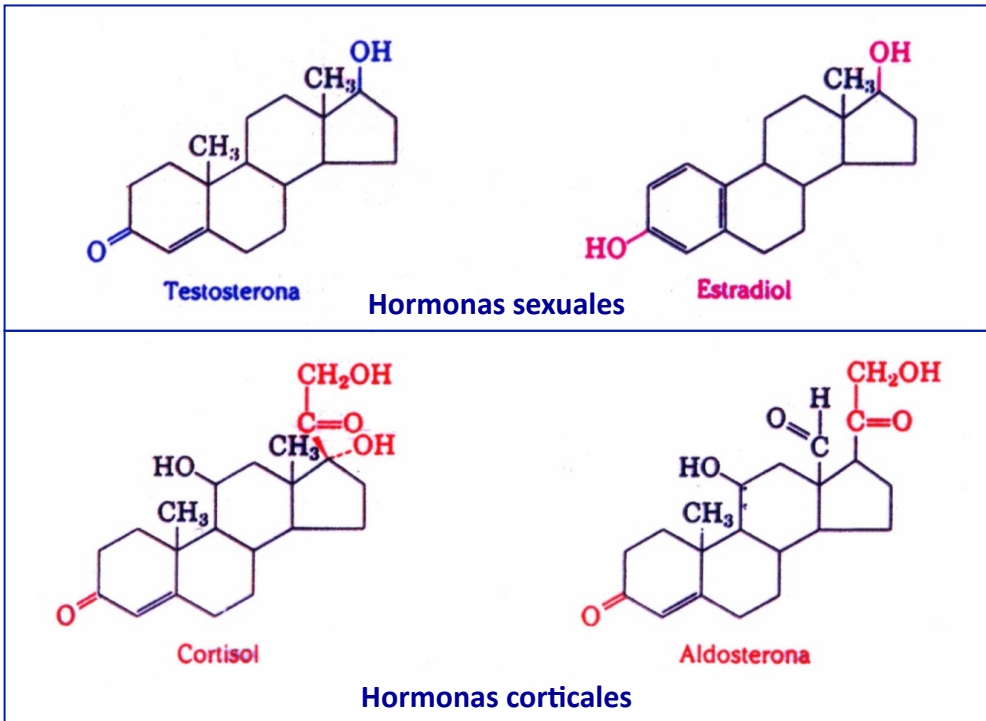
- Derivados del ácido araquidónico (20:4  $\Delta^{5,8,11,14}$  ).
- Prostaglandinas, tromboxanos, leucotrienos...
- Hormonas paracrinas. Intervienen en procesos inflamatorios, fiebre, dolor, regulación de la presión sanguínea...



Lehninger Principles of Biochemistry.  
5e. Freeman 2009.

**Derivados del núcleo esteroideo**

Las **hormonas esteroideas** se sintetizan en un tejido, se transportan por la sangre a su órgano diana donde se unen a receptores específicos produciendo cambios en la expresión génica o en el metabolismo.



Las **sales biliares** ayudan a la digestión de las grasas (emulsionantes).

Vitamina D3 o colecalciferol

La **vitamina D3 o colecalciferol** se forma en la piel a partir del 7-deshidrocolesterol por irradiación de UV (luz solar).

Diversas reacciones en hígado y riñón la convierten en **1,25-dihidroxi-vitamina-D3**, hormona que regula el metabolismo óseo (absorción intestinal del calcio).

La deficiencia en vitamina D produce raquitismo.

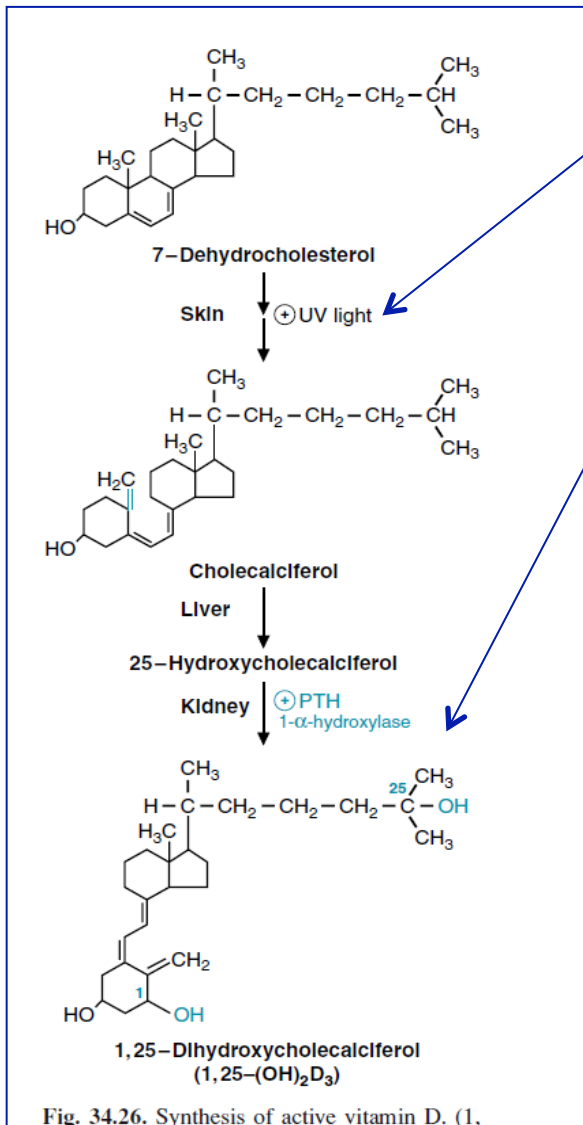
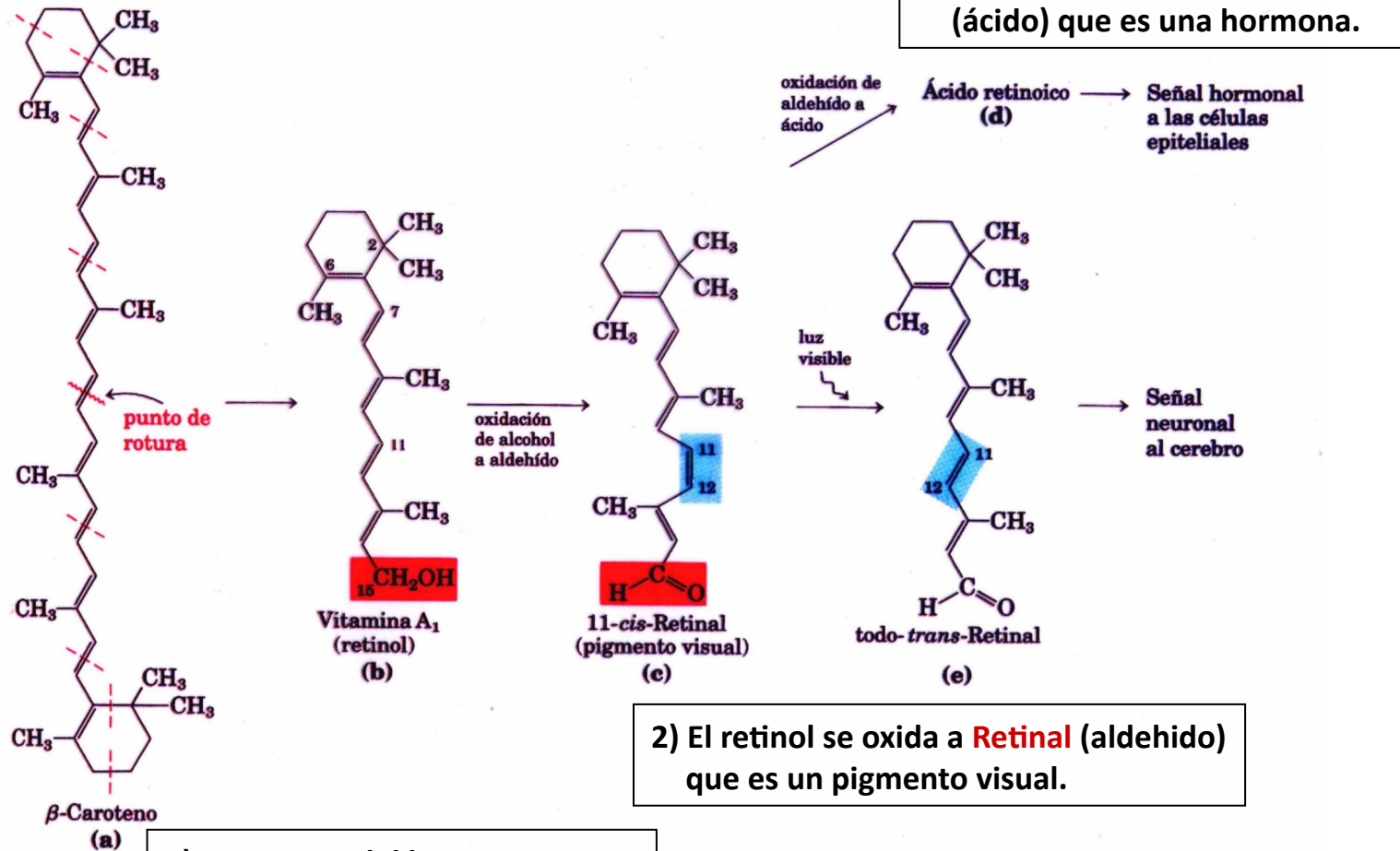


Fig. 34.26. Synthesis of active vitamin D. (1,

Mark's Basic Medical Biochemistry. A clinical approach. 3e. LWW. 2008.



Vitamina A



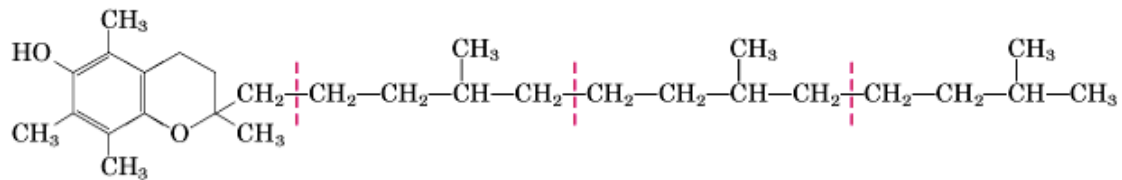
1) La ruptura del beta caroteno produce **vitamina A1 (Retinol)**.

2) El retinol se oxida a **Retinal** (aldehído) que es un pigmento visual.

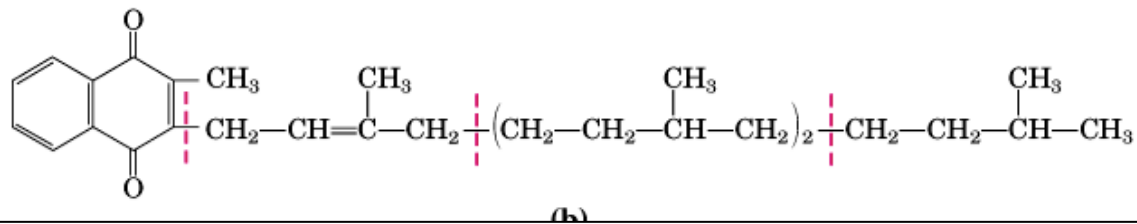
Lehninger Principles of Biochemistry, 5e. Freeman 2009.

Otros derivados isoprenoides

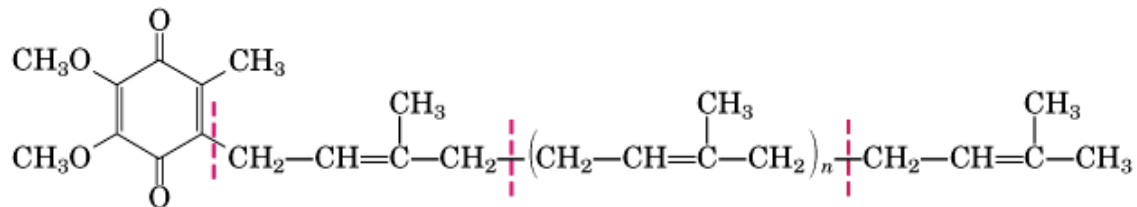
**Vitamina E o  
α-tocoferol  
(antioxidante).**



**Vitamina K  
(cofactor de la  
coagulación  
sanguínea).**



**Ubiquinona o  
coenzima Q  
(transportador de  
electrones).**



Lehninger Principles of Biochemistry. 5e. Freeman 2009.

# Membranas biológicas

## Membranas biológicas

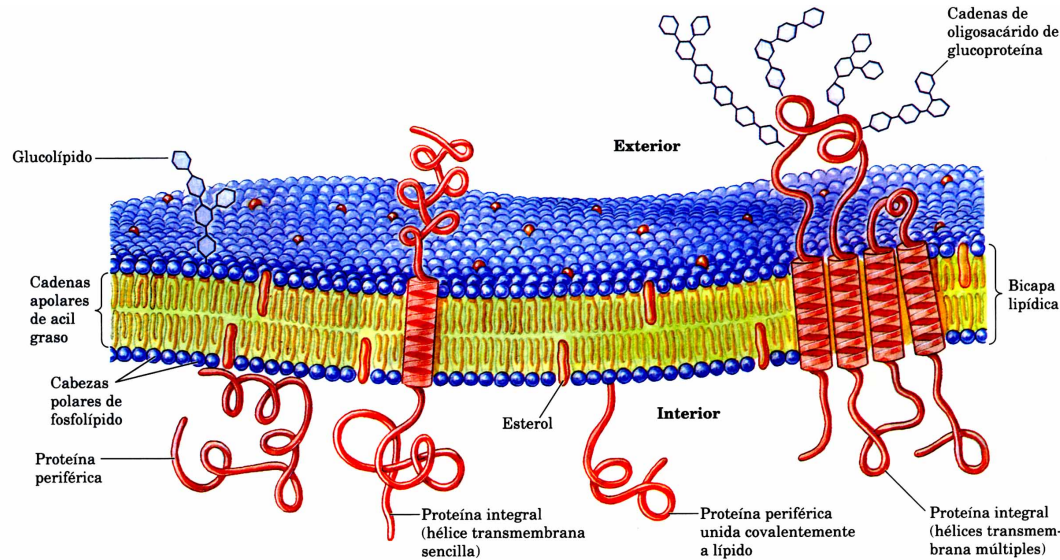
### Funciones:

- Definen los límites externos de las células (**mbr. plasmática**).
- Dividen el espacio interno en compartimentos (**mbr.intracelulares**) que separan procesos y componentes celulares.

### NO son barreras pasivas:

- Permiten el paso selectivo de solutos (proteínas transportadoras específicas).
- Comunicación intercelular mediante el reconocimiento de señales por los receptores superficiales de la membrana.
- Funciones especializadas. Ej.: transporte de electrones en la mbr. mitocondrial.
- Poseen elementos de reconocimiento celular. Ej.: por el sistema inmunitario.

### Características de las membranas

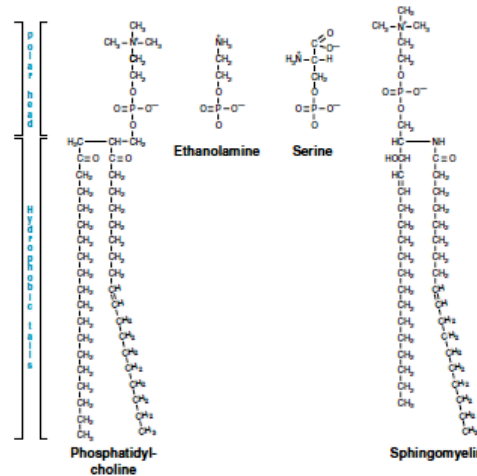


*Lehninger Principles of Biochemistry. 5e. Freeman 2009.*

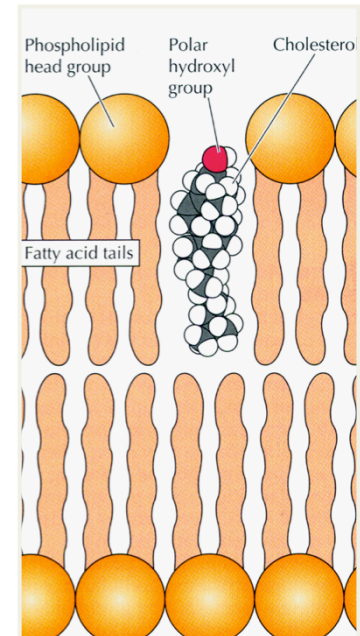
- Estructuras laminares de pocas moléculas de grosor (casi bidimensionales), forman espacios cerrados entre distintos compartimentos.
- Formadas por **lípidos y proteínas** (también glucolípidos y glucoproteínas).
- Los lípidos son pequeños y anfipáticos.
- Las proteínas tienen funciones específicas: bombas, compuertas, receptores...
- Son **asimétricas**: la composición de la cara externa e interna son diferentes.
- Son **estructuras fluidas**: las moléculas de lípido difunden en el plano de la membrana, al igual que algunas proteínas.
- Son impermeables a los solutos polares cargados, pero permeables a los apolares.

**Lípidos constituyentes de membrana: bicapa lipídica**

- Principalmente **fosfolípidos**.  
(Glicerofosfolípidos y esfingomielinas).
- También **glucolípidos y colesterol**.  
(La membrana plasmática es rica en colesterol, mientras que las membranas de los orgánulos tienen mucho menos).
- Cada membrana tiene una **composición lipídica característica**.



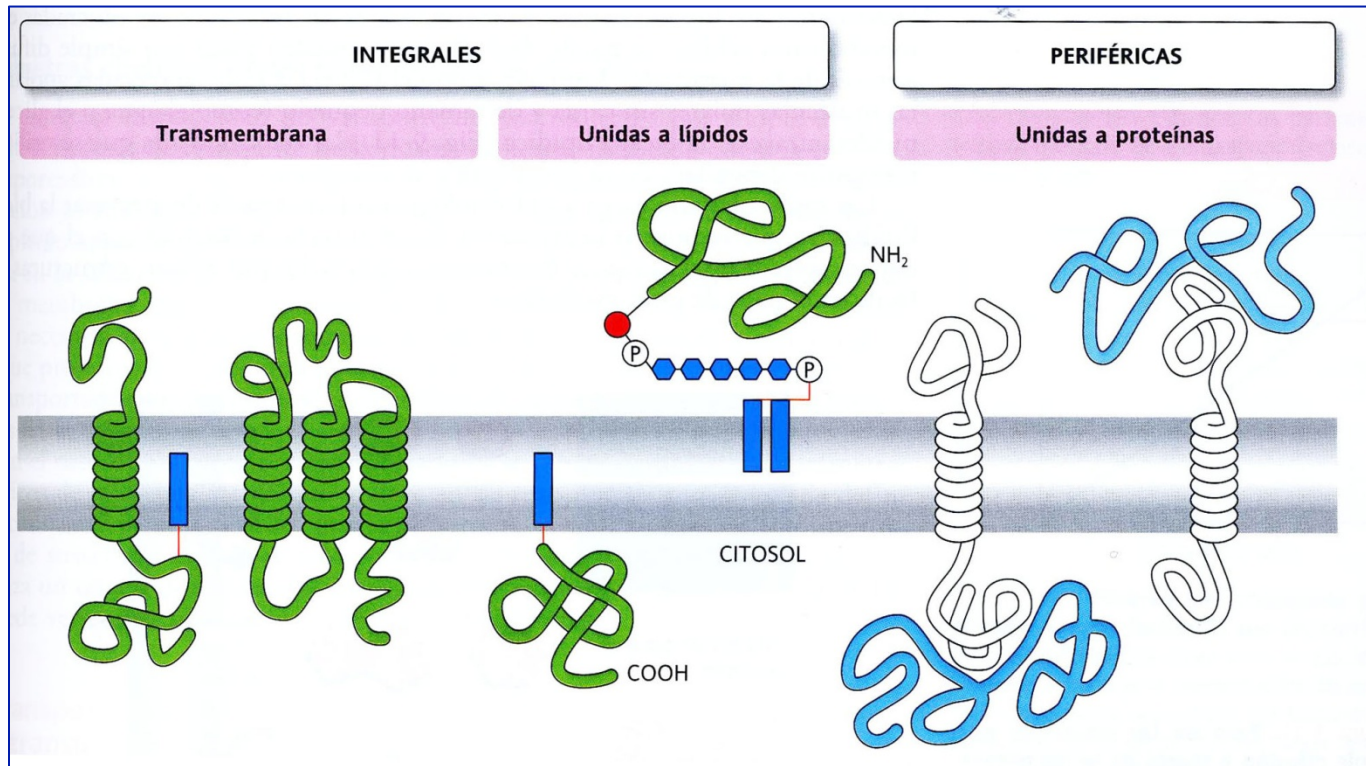
Mark's Basic Medical Biochemistry. A clinical approach. 3e. LWW. 2008.



- En medio acuoso tienden a formar espontáneamente **bicapas lipídicas**:
  - Las cabezas polares con afinidad por el agua.
  - Las colas hidrofóbicas evitándola.
- Los lípidos se distribuyen asimétricamente entre las dos caras de la bicapa:
  - Capa externa, mayor contenido en fosfatidilcolina y esfingomielina.
  - Capa interna, mayor contenido en fosfatidilserina y fosfatidiletanolamina.

**Proteínas de membrana**

Son de dos tipos: **integrales** (o intrínsecas) y **periféricas** (o extrínsecas).



**Muchas proteínas actúan de:**

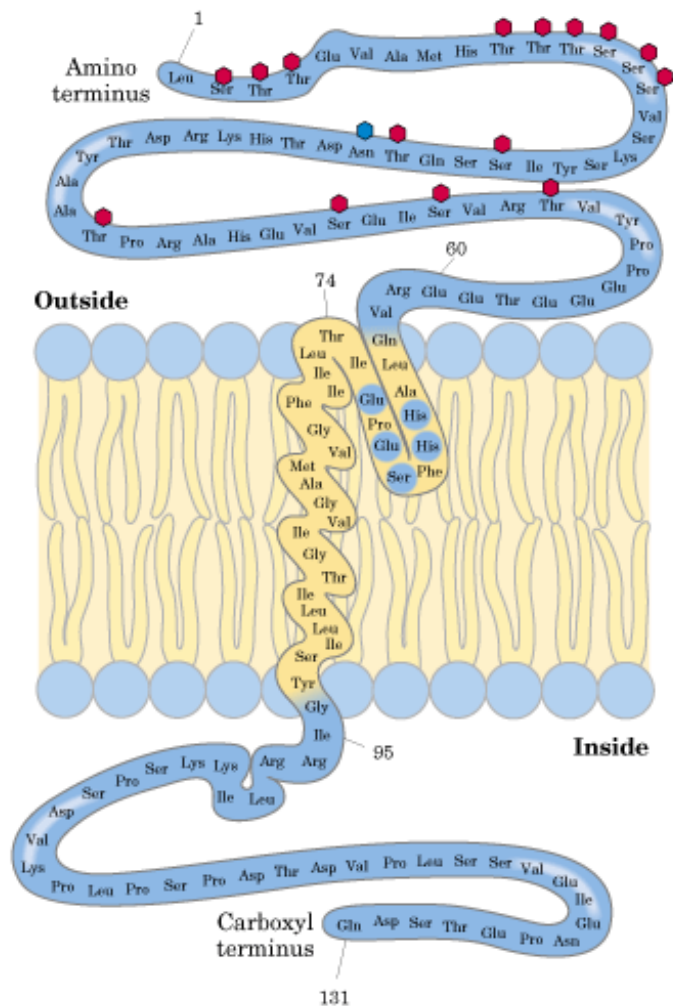
- Transportadores o canales.
- Receptores de hormonas o neurotransmisores.
- Proteínas estructurales.

*Feduchi y cols. Bioquímica: conceptos esenciales. Panamericana 2011.*

**Glúcidos de membrana**

- Las membranas tienen un 2-10% de glúcidos en forma de:
  - Glucolípidos.
  - Glucoproteínas.
- Los residuos de los glúcidos se localizan siempre en la superficie externa formando el glucocáliz.
- Funciones:
  - Proteger a la célula de la digestión.
  - Orientar las glucoproteínas en las membranas.
  - Reconocimiento intracelular.

**Glicoforina:** glucoproteína de la membrana del eritrocito.

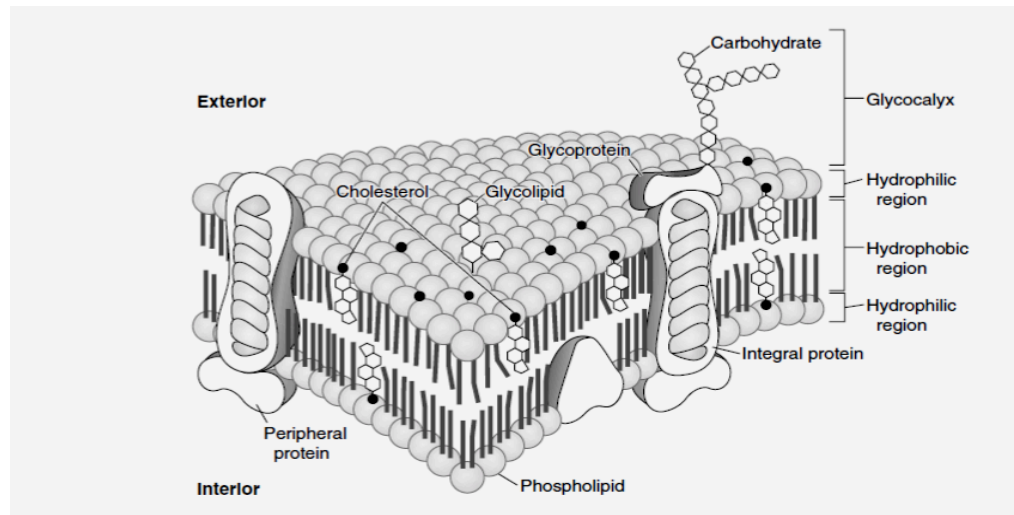


*Lehninger Principles of Biochemistry. 5e. Freeman 2009.*



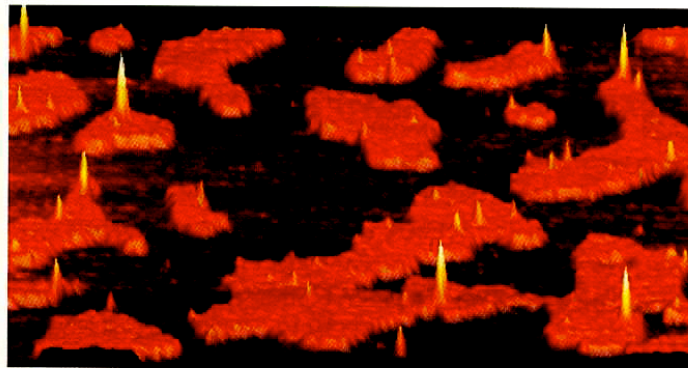
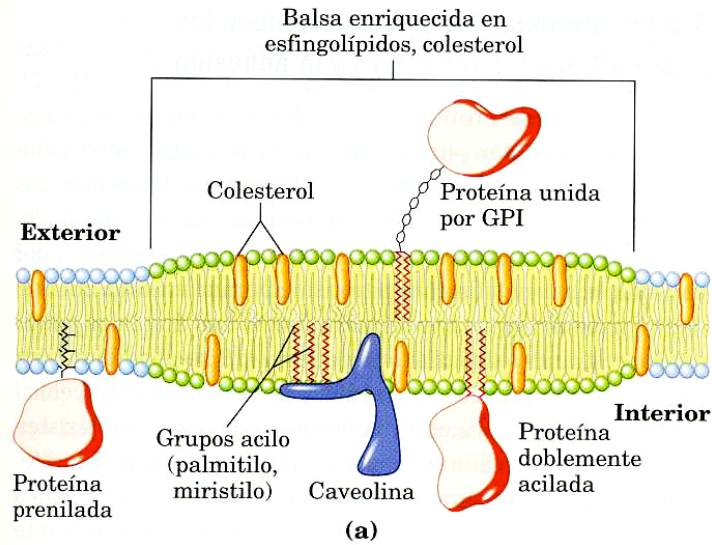
### Dinámica de las membranas

- Las membranas no son estructuras rígidas: los lípidos y algunas proteínas están en movimiento lateral de forma constante.
- El movimiento es de “difusion lateral”, rara vez de “difusión transversal”.
- El **modelo del mosaico fluido** explica la organización fundamental de las membranas.
- El mosaico es fluido porque las interacciones entre lípidos y entre lípidos y proteínas no son covalentes, dejando libertad de movimiento.
- La fluidez depende de la composición en ácidos grasos y colesterol.



*Mark's Basic Medical Biochemistry. A clinical approach. 3e. LWW. 2008.*

### Balsas lipídicas



(b)

*Lehninger Principles of Biochemistry, 5e. Freeman 2009.*

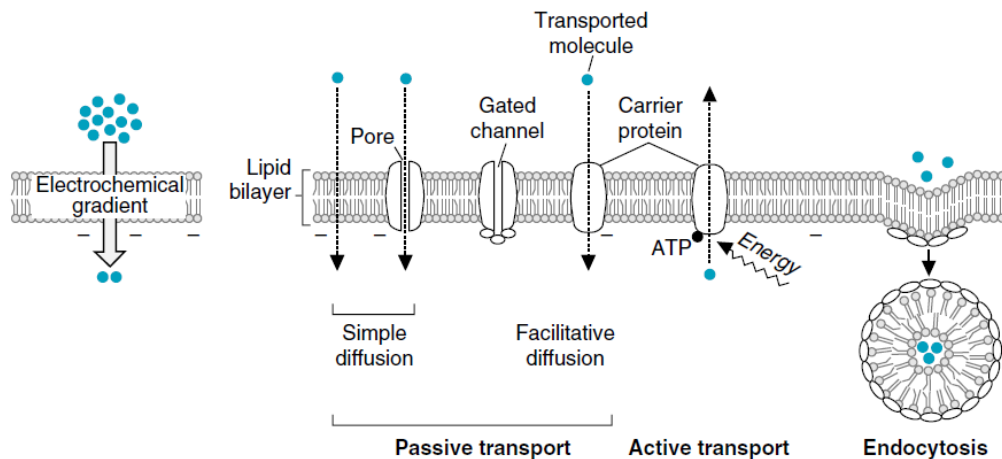
# Transporte de moléculas a través de las membranas

**Transporte de moléculas a través de las membranas**

Proceso por el cual las células adquieren de su entorno las materias primas para la biosíntesis y la producción de energía y excretan los productos finales de su metabolismo al espacio extracelular.

**Sistemas de transporte:**

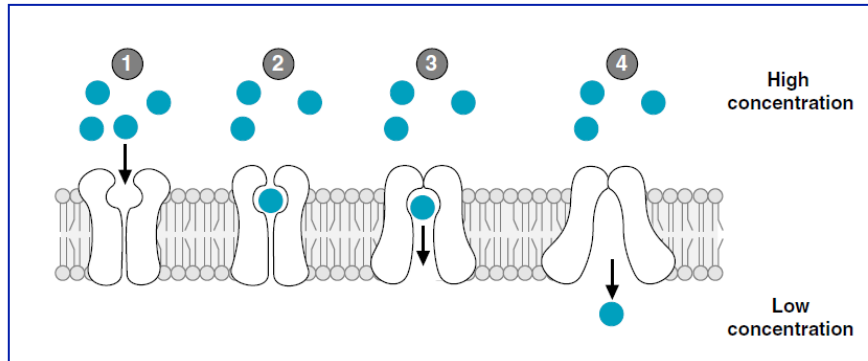
1. Difusión simple. Ej.: Oxígeno, CO<sub>2</sub>, nitrógeno...
2. Difusión facilitada. Ej.: Glucosa.
3. Transporte activo primario. Ej.: Na<sup>+</sup> K<sup>+</sup> ATPasa.
4. Transporte activo secundario. Ej.: monosacáridos, aminoácidos.
5. Canales iónicos. Ej.: Canal de K<sup>+</sup>.



*Mark's Basic Medical Biochemistry. A clinical approach. 3e. LWW. 2008.*

**Difusión facilitada (transporte pasivo)**

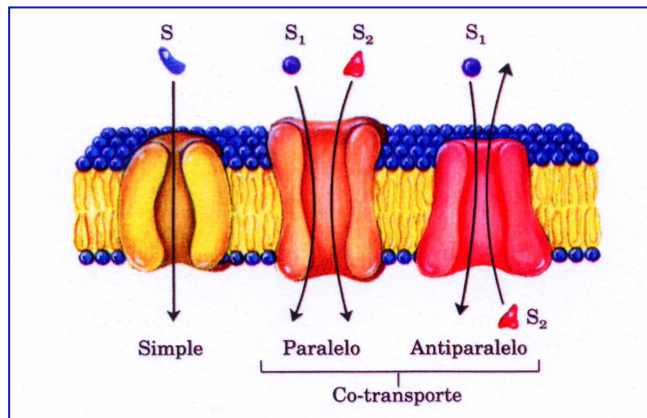
- A favor de un gradiente de concentración de soluto.
- Depende de proteínas integrales de membrana.
- Cada proteína es transportadora de una molécula o un grupo de moléculas de estructura relacionada.



**3 propiedades:**

- Velocidad elevada.
- Saturabilidad.
- Especificidad.

*Mark's Basic Medical Biochemistry. A clinical approach. 3e. LWW. 2008.*



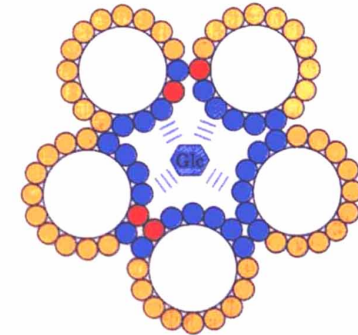
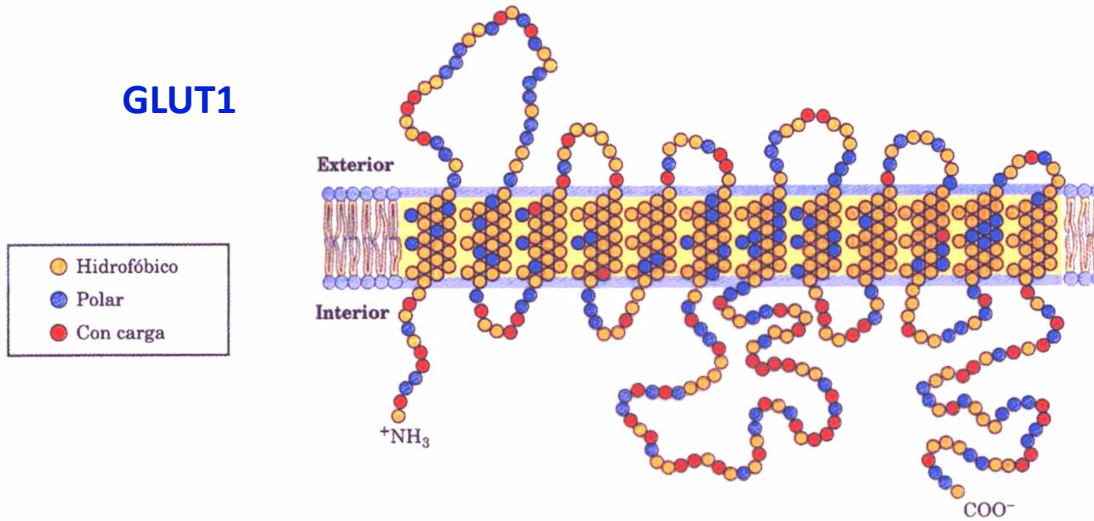
Algunas proteínas transportan dos sustratos diferentes: cotransporte:

- Paralelo (*sinporte*) o
- Antiparalelo (*antiporte*).

*Lehninger Principles of Biochemistry. 5e. Freeman 2009.*

**Transportadores de glucosa**

**GLUT1**



*Lehninger Principles of Biochemistry. 5e. Freeman 2009.*

**DIFUSIÓN FACILITADA O TTE. PASIVO:**

**GLUT-1** ..... En la mayoría de las membranas (eritrocitos, cerebro, etc.).

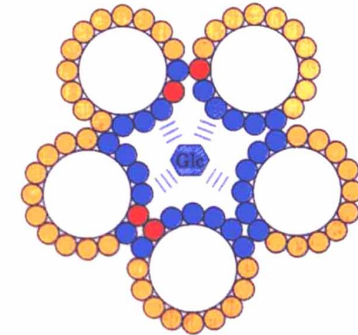
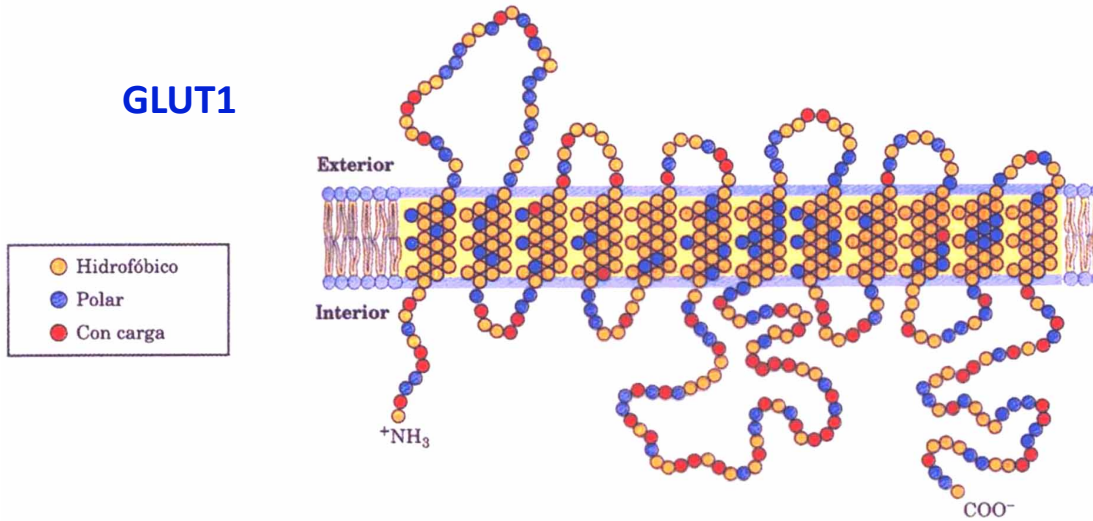
**GLUT-2** ..... Hígado ..... Baja afinidad.

**GLUT-3** ..... Cerebro ..... Alta afinidad (gran demanda).

**GLUT-4** ..... Adipocitos ..... Dependiente de insulina.  
 Músculo esq. .... Dependiente de insulina.

Transportadores de glucosa

GLUT1



*Lehninger Principles of Biochemistry. 5e. Freeman 2009.*

DIFUSIÓN FACILITADA O TTE. PASIVO:

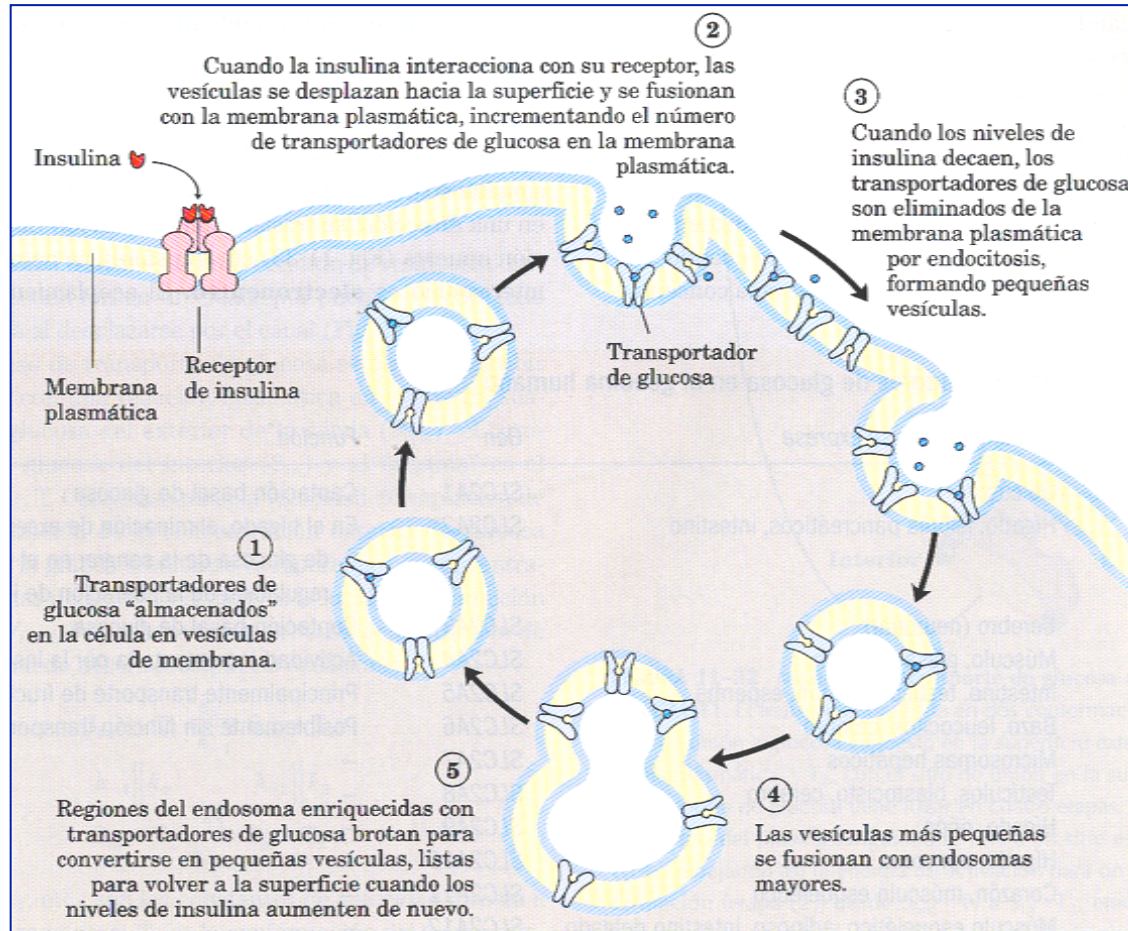
**GLUT-1** ..... En la mayoría de las membranas (eritrocitos, cerebro, etc.).

**GLUT-2** ..... Hígado ..... Baja afinidad.

**GLUT-3** ..... Cerebro ..... Alta afinidad (gran demanda).

**GLUT-4** ..... Adipocitos ..... Dependiente de insulina.  
 Músculo esq. .... Dependiente de insulina.

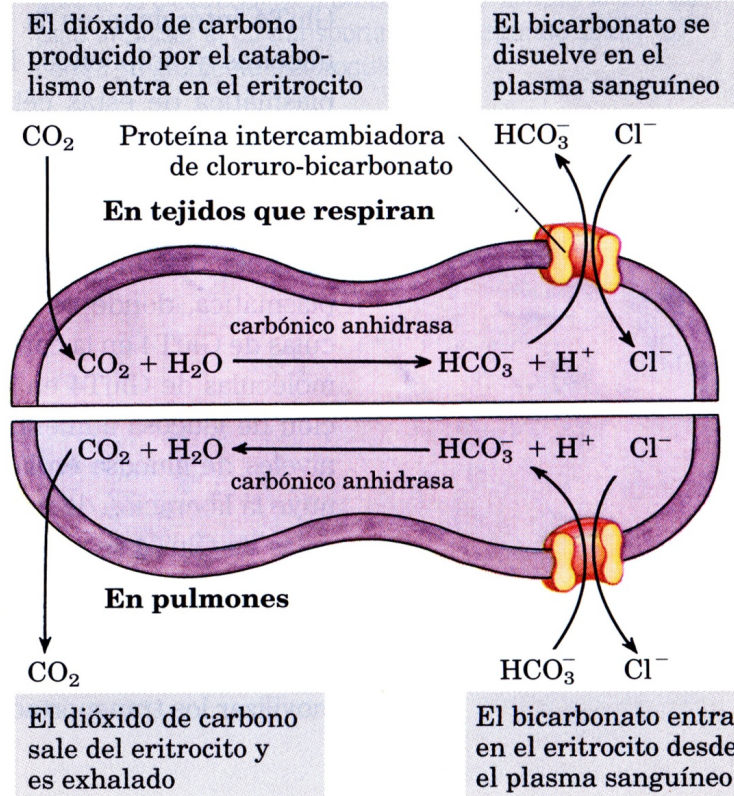
**GLUT-4, transporte de glucosa dependiente de insulina**



Lehninger Principles of Biochemistry. 5e. Freeman 2009.



**Transportador de bicarbonato-cloruro  
(cotransporte pasivo antiparalelo)**



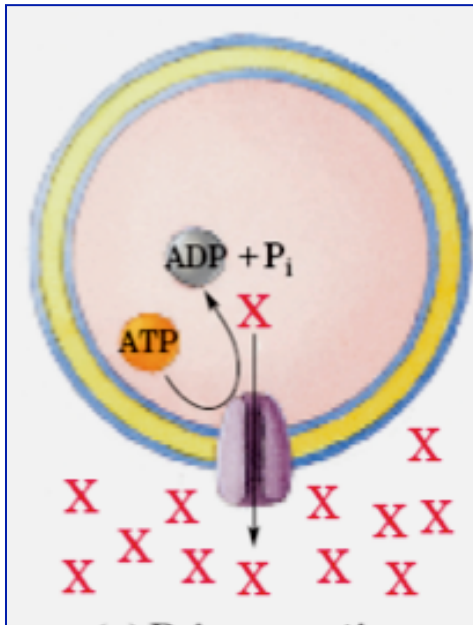
Lehninger Principles of Biochemistry, 5e. Freeman 2009.

**Transporte activo**

- Movimiento de soluto contra un gradiente de concentración.
- Se produce la acumulación de un soluto a un lado de la membrana.
- Es un proceso endergónico (precisa energía).

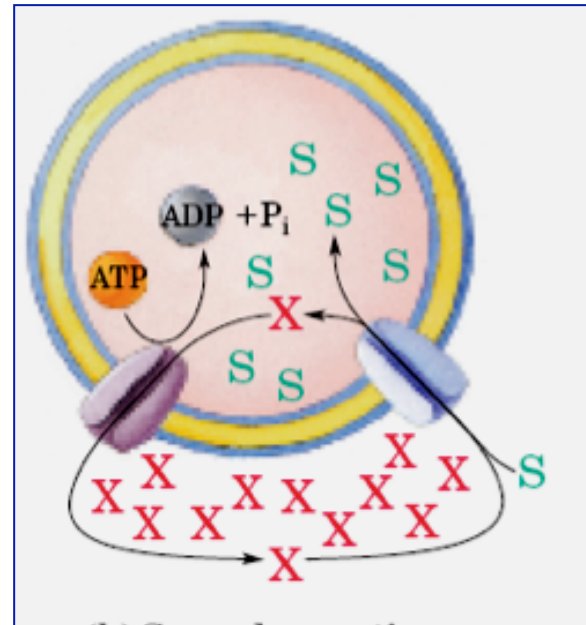
**Transporte activo primario:**

La energía proviene de la hidrólisis de ATP a ADP + Pi.



**Transporte activo secundario:**

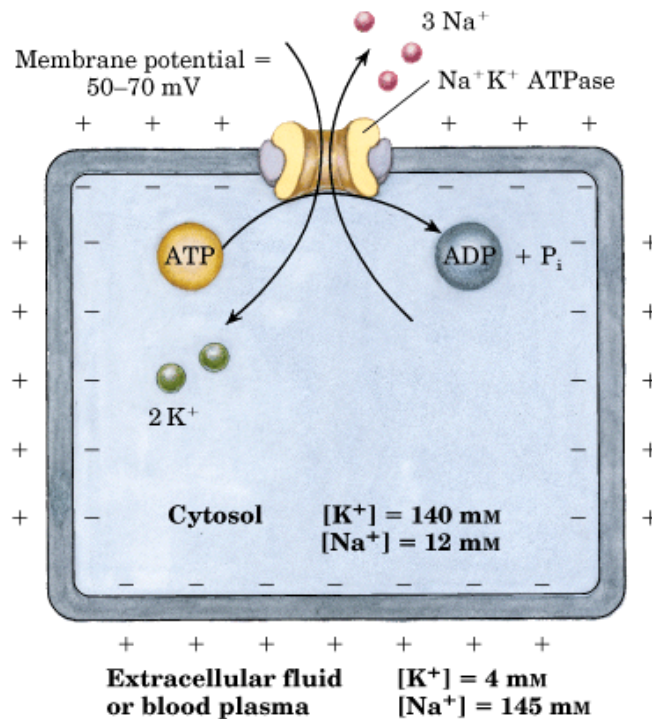
La energía proviene del gradiente de concentración que se ha generado con el transporte primario.



*Lehninger Principles of Biochemistry, 5e. Freeman 2009.*

**Transporte activo primario: ATPasas**

- **ATPasas tipo F:** bombas de protones reversibles impulsadas por el ATP. (Ej.: F<sub>0</sub>F<sub>1</sub>ATPasa/ATP sintasa).
- **ATPasas tipo V:** transportadoras de protones. Acidificación de vacuolas...
- **ATPasas tipo P:** transportadoras de cationes impulsadas por ATP. Se fosforilan reversiblemente durante el transporte. Ej.: Na<sup>+</sup>K<sup>+</sup>-ATPasa.



**Na<sup>+</sup>K<sup>+</sup>-ATPasa**

<http://biomodel.uah.es/biomodel-misc/anim/memb/atpasa.html>

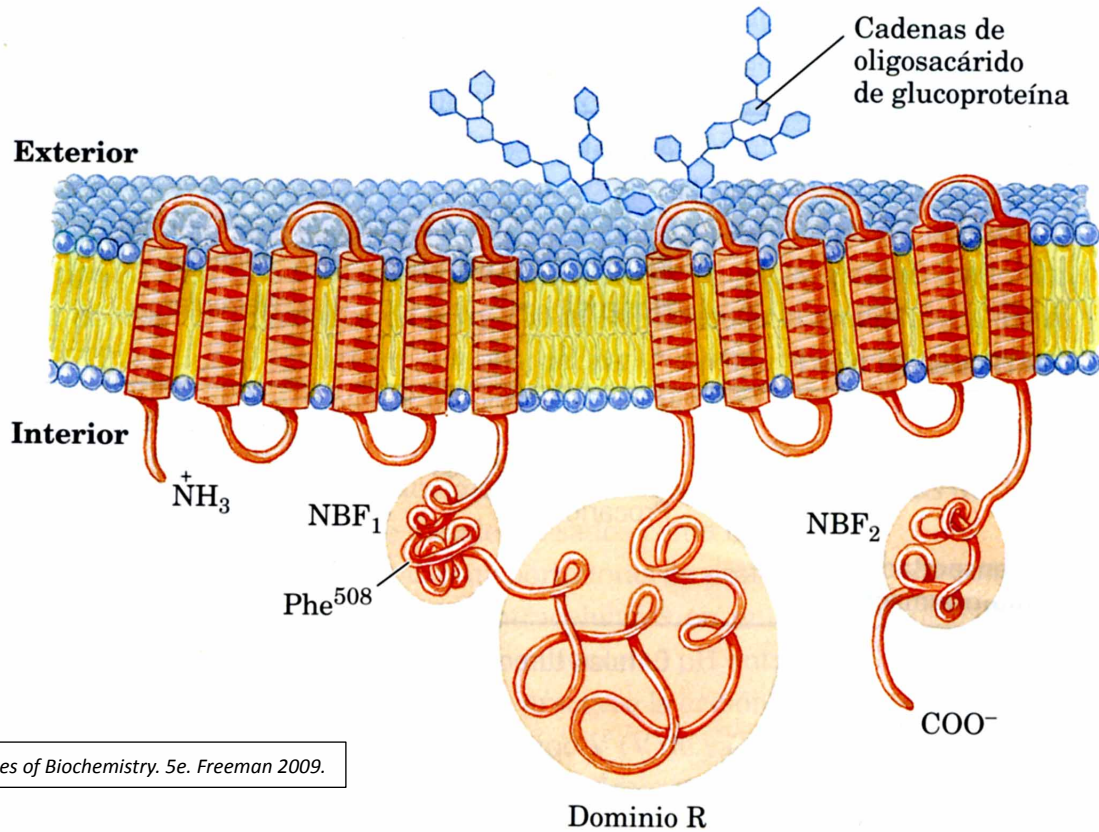
Lehninger Principles of Biochemistry, 5e. Freeman 2009.

**Transportadores ABC**

- Transportador multifármacos MDR1.
- Transportador CFTR (canal de Cl<sup>-</sup>).

**Canal de Cl<sup>-</sup>: CFTR**

Defectuoso en la Fibrosis quística.

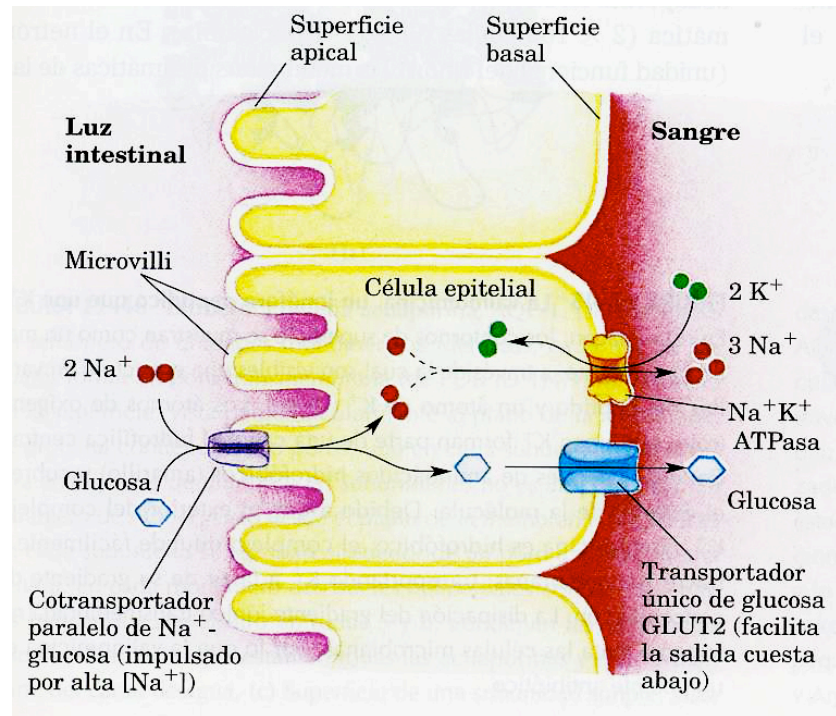


*Lehninger Principles of Biochemistry, 5e. Freeman 2009.*

**Transporte activo secundario**

**COTRANSPORTE Sodio/Glucosa**

**GLUT-5 ..... Intestino delgado ..... absorción de Glu de la dieta.**



*Lehninger Principles of Biochemistry, 5e. Freeman 2009.*

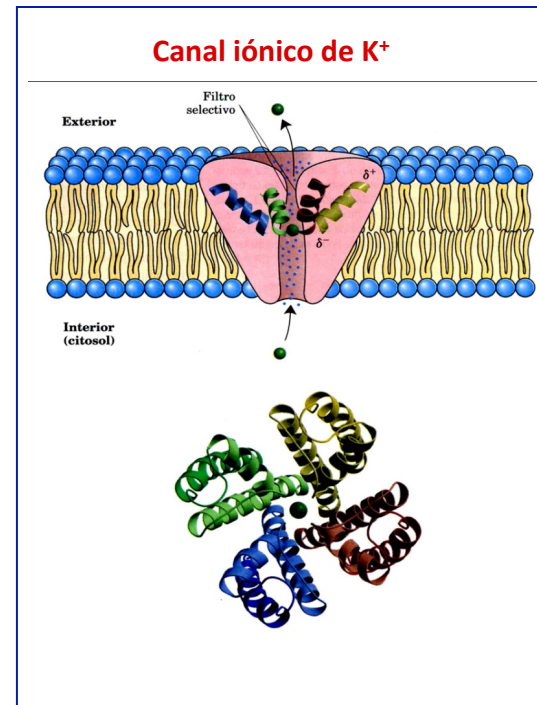
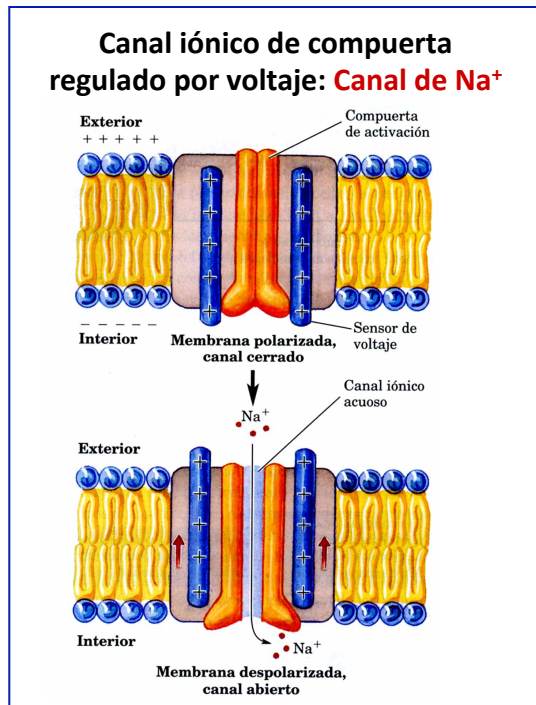
<http://biomodel.uah.es/biomodel-misc/anim/memb/tas.html>

**Canales**

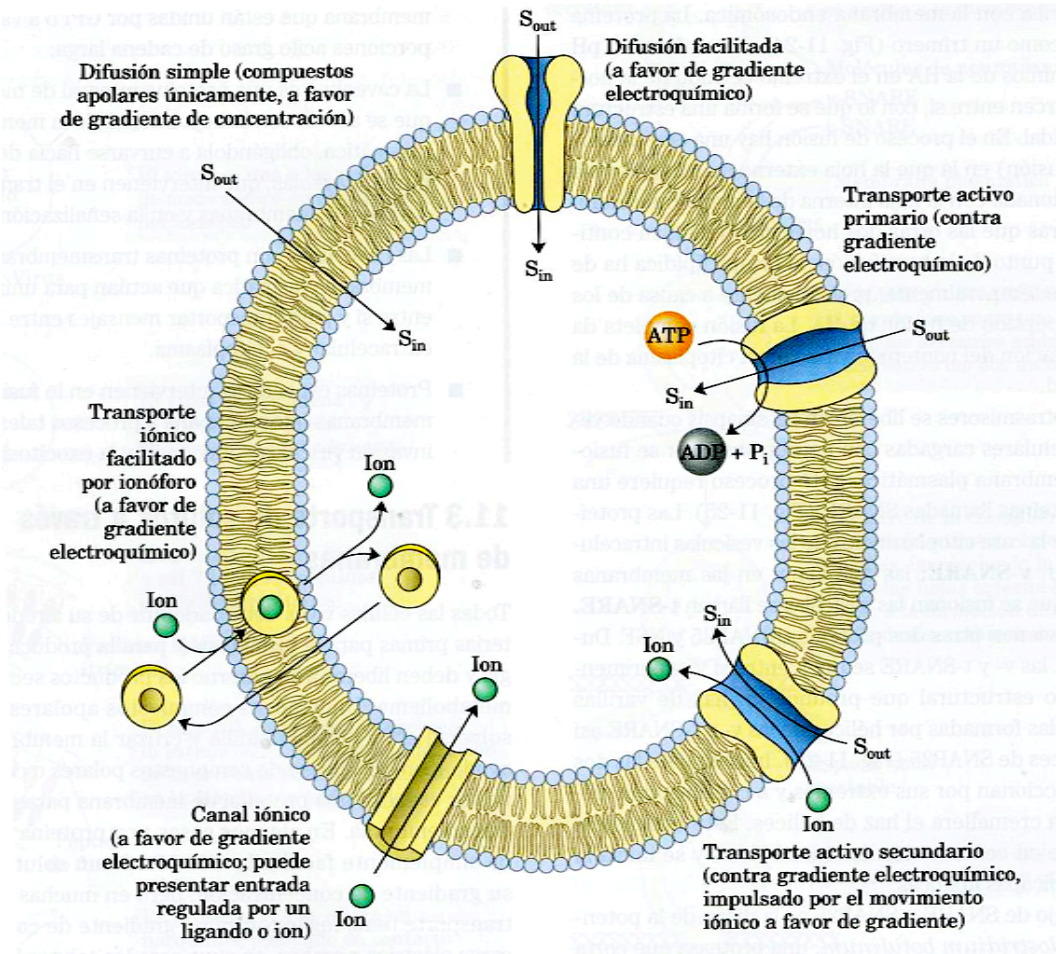
**ACUAPORINAS:** canales para el transporte rápido de agua a través de la membrana plasmática.

**CANALES SELECTIVOS DE IONES:** transporte de iones inorgánicos a través de las membranas:

1. Mayor velocidad que los transportadores.
2. No hay saturación.
3. Son compuertas abiertas o cerradas en respuesta a señales.



**Resumen tipos de transporte**



Lehninger Principles of Biochemistry, 5e. Freeman 2009.

# BIBLIOGRAFÍA

- *Lehninger Principles of Biochemistry*. 5ª ed. Freeman, 2009. Caps 10, 11.
- *Mark's Basic Medical Biochemistry. A clinical approach*. 3ª ed. LWW., 2008. Caps 5, 10, 33.
- Devlin. *Textbook of Biochemistry with Clinical correlations*. 7ª ed. Wiley, 2010. Cap 12.
- Feduchi y cols. *Bioquímica: conceptos esenciales*. Panamericana, 2011. Caps 3, 9.
- Berg, Tymoczko and Stryer. *Biochemistry*. 7ª ed. WH. Freeman, 2011. Caps 12, 13.
- Voet and Voet. *Biochemistry*. 4ª ed. Wiley, 2011. Caps 12, 20.
- Baynes and Dominiczak. *Bioquímica Médica*. 3ª ed. Elsevier, 2011. Cap 3.
- Garrett and Grisham. *Biochemistry*. 4ª ed. 2009. Caps 8, 9.
- <http://biomodel.uah.es> (esquemas animados).